

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Pekka Myller

Kotitalouskierrätysjätepuristimen suunnittelu

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2015

**OPINNÄYTETYÖ****Kesäkuu 2015****Kone- ja tuotantotekniikan koulutus-
ohjelma****Karjalankatu 3****80200 JOENSUU****p. (013) 260 6800 p. (013) 260 6906****Tekijä(t)**

Pekka Myller

Nimeke

Kotitalouskierrätysjätepuristimen suunnittelu

Toimeksiantaja

North Karelia Sales & Services, Jaakko Rintamäki

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella vaakamalliseen halkomakoneeseen, (ns. "klapikone") lisälaite joka mahdollistaisi laitteen käytön kotitalouksien kierrätysjätteen kokoonpuristamiseen. Erityisesti kohteena olivat metalliset säilykepurkit sekä erilaiset muoviset pullot ja purkit. Työ toteutettiin Polvijärvellä sijaitsevan North Karelia Sales & Servicen toimeksiantona.

Tavoitteena oli saada aikaan jätepuristin, jolla kotitalouksiin syntyvän kierrätysjätteen tilavuutta saataisiin pienennettyä ja näin ollen pidennettyä astioiden tyhjennysväliä, kun samaan jäteastian tilavuuteen menisi massaltaan enemmän tavaraa.

Opinnäytetyössäni käyn läpi tuotteen suunnittelua ja sille tehtyjen rakenneanalyysien tuloksia. Tuotteet on mallinnettu Creo Parametric 3D-mallinnusohjelmalla. Samaa ohjelmaa on käytetty myös rakenneanalyysien tekoon.

Kieli

suomi

Sivuja 27**Asiasanat**

Halkomiskone, kierrätys, jätteenpuristus



THESIS
June 2015
Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800 p. (013) 260 6906

Author (s)
Pekka Antero Myller

Title
Designing of a Press for recyclable household waste

Commissioned by
North Karelia Sales & Services, Jaakko Rintamäki

Abstract

Purpose of this thesis was to design an add-on to a horizontal log splitter that would allow the log splitter to be used to compress recyclable household waste. Main focus was on tin cans, plastic bottles and containers. The thesis was done as a commission for North Karelia Sales & Services.

Goal was to design a press that would allow the volume of recyclable household waste to be reduced and thus extending the time in which the waste containers need to be emptied.

In this thesis I will go through the designing process and the results from structural analysis. The products are designed with Creo Parametric 3D-modeling software. Same software is also used for the structural analysis.

Language

Finnish

Pages 27

Keywords

Log splitter, recycling, waste compression

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Halkomakoneen toiminta	6
2.1	Hydrauliikan perusteet	6
2.2	Halkomakoneen toiminta	7
3	Lisälaitteen vaatimukset ja dokumentit	8
3.1	Konedirektiivi	9
3.2	CE-merkintä	10
3.3	Hyödyllisyysmallisuoja eli ns. pikkupatentti	10
4	Koneensuunnittelu	11
4.1	Luova suunnittelu	11
4.2	VDI 2222, systemaattinen suunnitteluprosessi	12
4.2.1	Tehtävään perehtyminen ja tehtävänasettelu	12
4.2.2	Luonnostelu- ja kehittelyvaihe	13
4.2.3	Viimeistelyvaihe	13
5	Lisälaitteen suunnittelu, mallintaminen ja rakenneanalyysit	14
5.1	Suunnittelu	14
5.2	Mallintaminen	14
5.3	Rakenneanalyysit	16
5.3.1	Kuormitukset	17
5.3.2	Siirtymät	20
5.3.3	Materiaalivalinnat	22
6	Prototyypit ja testiajot	22
6.1	Prototyypit	22
6.2	Testiajot	24
7	Taloudellinen vaikutus	25
8	Pohdinta	26
	Lähteet	27

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella vaakamalliseen halkomakoneeseen lisälaite, joka mahdollistaisi halkomakoneen käytön kotitalouksien kierrätyskelpoisen jätteen kokoonpuristamiseen. Kokoonpuristamisella on tarkoitus saada jätteen viemää tilaa pienemmäksi, jolloin yhteen keräysastiaan mahtuu huomattavasti enemmän tavaraa. Tällä saadaan pidennettyä tarvittavaa tyhjennysväliä, mikä suoraan alentaa jätekuluja. Lisälaitteen käyttökohteiksi tarkentuivat erityisesti metalliset säilykepurkit sekä muoviset pullot ja säilytysastiat. Lisälaitteesta valmistettiin myös prototyyppi.

Työ oli North Karelia Sales & Servicen toimeksianto. North Karelia Sales & Services on Polvijärvellä toimiva yhden miehen pienyritys, jossa toimitusjohtajan virkaa pitää Jaakko Rintamäki.

Työ oli alusta alkaen tarkoitus tehdä hyvinkin käytännönläheisesti, ja alusta alkaen oli selvää että painotus tulisi olemaan toimivan tuotteen suunnittelussa ja prototyypin valmistuksessa. Työn suunnitteluun käytettiin Creo Parametric - 3D-mallinnusohjelmaa. Samaa ohjelmaa käytettiin myös mallin rakenteellisten analyysien tekoon.

Laite suunniteltiin siten, että se sopii mahdollisimman moneen jo markkinoilta löytyvään ja sinne tulevaisuudessa tulevaan vaakamalliseen halkomakoneeseen. Syy siihen, miksi laite haluttiin toteuttaa nimenomaan lisälaitteena halkomakoneeseen eikä omana laitteenaan oli se, että halkomakoneet ovat edullisia tekniikkaansa nähden ja samalla halkomakoneille saatiin myös uusi käyttötarkoitus. Halkomakoneita yleisesti käytetään vain lyhyen aikaa vuodesta, minkä jälkeen kone on yleensä toimettomana säilössä. Suunnitellessa ei kuitenkaan haluttu, että halkomakoneen alkuperäinen käyttö muuttuisi vaivalloiseksi tai jopa mahdottomaksi, minkä takia lisälaite piti olla mahdollisimman helppo asentaa ja poistaa halkomakoneesta. Samalla laitteen pitäisi olla myös mahdollisimman edullinen ja helppo valmistaa, jotta hinnasta ei tulisi este hankinnalle.

2 Halkomakoneen toiminta

2.1 Hydrauliiikan perusteet

Hydraulijärjestelmät ovat tehonsiirtoketjuja joissa järjestelmälle annettu mekaaninen teho muunnetaan hydrauliseksi ja siirretään haluttuun paikkaan sovelluksen käytettäväksi. Halutussa paikassa hydraulinen teho muunnetaan jälleen mekaaniseksi tehoksi. Teho sidotaan välittäjäaineena toimivaan nesteeseen paineena ja tilavuusvirtana (Kaurenne, Kajaste & Vilenius, 2013.)

Hydraulijärjestelmien etuja muihin tehonsiirtotapoihin on komponenttien hyvä teho-painosuhteet sekä järjestelmien tarjoama suunnittelun vapaus. Järjestelmissä teho siirretään putkia ja letkuja pitkin joten suunnitellessa ei olla sidottuja tiettyyn tehonsiirtorataan vaan teho voidaan siirtää haluttuun paikkaan huomattavasti vapaammin sopivaa reittiä pitkin. Hyvän teho-painosuhteen myötä tuleva komponenttien pienuus tuotettuun tehoon nähden puolestaan johtaa siihen, että hydraulijärjestelmät vaativat pienemmän tilan kuin muihin periaatteisiin perustuvat tehonsiirtojärjestelmät (Kaurenne, Kajaste & Vilenius, 2013.)

Hydraulijärjestelmien ominaisuudet ovat tehneet niistä kilpailukykyisiä. Hydrauliiikan avulla on helppo saada aikaan suoraviivainen sekä pyöriväliike. Laitteistot ovat helposti ja portaattomasti säädeltävissä liikenopeuksien, voimien ja momenttien osalta. Toimilaitteiden momentti- ja voimatasot on mahdollista saada suuriksi ihan yleisesti käytetyillä painetasoilla, eikä ole tarvetta turvautua poikkeuksellisen korkeisiin paineisiin tai erikoisvalmisteisiin komponentteihin. Korkeammilla paineilla on mahdollista nostaa teho-painosuhdetta, eli sama teho on mahdollista saavuttaa pienemmillä komponenteilla. Tosin paineen nostossakin on omat rajoituksensa, sillä yleisen painealueen ylitys johtaa komponenttien koon sekä seinämäpaksuuksien kasvuun. Erilaisten vaurioiden ja ylikuormituksen estäminen hydraulijärjestelmissä on mahdollista yksinkertaisin keinoin (Kaurenne, Kajaste & Vilenius, 2013.)

Hydraulijärjestelmien haittapuolina voidaan pitää kohtalaista hyötysuhdetta ja käytettyjen väliaineiden huonoja ominaisuuksia. Väliaineena käytettävät nesteet

ovat usein ominaisuuksiltaan alttiita lämpötiloille ja likaavia. Tämän lisäksi käytetyt nesteet ovat useimmiten myös hieman kokoonpuristuvia. Myös tehonsiirtomatkojen kasvaessa tehonsiirron häviöt voivat nousta kohtuuttomiksi (Kaurenne, Kajaste & Vilenius, 2013.)

Kuvassa 1 vertaillaan hydraulisen, mekaanisen ja sähköisen tehonsiirron ominaisuuksia.

Kriteeri	Tehonsiirtotapa		
	Hydraulinen	Mekaaninen	Sähköinen
Teho-painosuhde	hyvä	hyvä	huono
Säädettävyys	hyvä	huono	hyvä
Hyötysuhde	kohtalainen	hyvä	kohtalainen
Turvallisuus	kaikki tehonsiirtotavat hyvin samanarvoisia		
Rakenteen muunneltavuus	hyvä	huono	erittäin hyvä
Kustannukset	riippuvat suuresti säädettävyysasteesta		

Kuva 1. Tehonsiirtotapojen vertailua (Kaurenne,Kajaste & Vilenius, 2013)

2.2 Halkomakoneen toiminta

Halkomakoneen toiminta on hyvin yksinkertaista, mikä tekee halkomakoneesta erinomaisen pohjan suunnittelemalleni lisälaitteelle. Sähkömoottori pyörittää hydrauliiikkapumppua ja pumppu siirtää hydrauliiikkaöljyn venttiilin kautta sylinteriin, joka työntää mäntää eteenpäin. Mäntä puolestaan tekee varsinaisen työn eli työntää laitteeseen asetetun puupalan halkaisuterää vasten.



Kuva 2. Tässä opinnäytetyössä käytetty halkomakone.

Kuvassa 2 on nähtävissä tässä työssä käytetty halkomakone. Kuvan vasemmassa reunassa näkyy kiilamainen halkaisuterä ja kuvan oikeassa reunassa on nähtävissä puristavan liikkeen tekevä mäntä.

Yleisimmin halkomakoneissa, kuten myös tässäkin työssä käytetyssä koneessa, työliikkeen aikaansaanti vaatii kahden kytkimen samanaikaista käyttöä. Näin saadaan lisättyä laitteen turvallisuutta, kun molempien käsien ollessa käytössä on puristuksiin jäämisen vaara pieni.

3 Lisälaitteen vaatimukset ja dokumentit

Lisälaitte on suunniteltu käytettäväksi vaakamallisissa halkomakoneissa, joiden puristusvoima on enintään neljä tonnia. Lisälaitteen tarkoituksena on olla yhteensopiva mahdollisimman monien, markkinoilta tällä hetkellä löytyvien ja myöhemmin tulevaisuudessa markkinoille tulevien halkomakoneiden kanssa.

Lisälaitteen tarkoitus on olla mahdollisimman yksinkertainen asentaa ja poistaa halkomakoneesta, jotta halkomakonetta voidaan edelleen käyttää alkuperäiseen käyttötarkoitukseensa ilman suurempaa vaivaa. Myös lisälaitteen valmistamisen tulisi olla mahdollisimman helppoa ja edullista.

Vaatimuksina oli myös maltillinen koko ja paino. Tämä vaatimus oli olemassa tuotteen tulevaisuuden varalle sillä ajatuksena oli, että tuote saataisiin myyntiin alan liikkeisiin. Maltillinen koko ja paino mahdollistaisivat tuotteen pakkaamisen pieneen pakettiin ja sen että tuote ei olisi liian painava ja kömpelö kenellekään.

3.1 Konedirektiivi

Konedirektiivissä määritellään koneita koskevat tekniset vaatimukset sekä vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettelyt. Konedirektiivi sitoo kaikkia koneiden valmistajia ja takaa näin Euroopan talousalueella myytävien koneiden turvallisuuden. Konedirektiivi luotiin vuonna 2006 ja se astui voimaan 29.12.2009 (Työsuojeluhallinto, 2008.)

Suomessa konedirektiiviä vastaa koneiden turvallisuutta koskeva asetus (400/2008), tunnettu myös nimellä koneasetus. Kaikkien uusien ja Euroopan talousalueen ulkopuolelta tulevien uusien ja käytettyjen koneiden on täytettävä asetuksen vaatimukset. Asetus määrittelee valmistajan velvollisuudet ennen kuin laite voidaan tuoda markkinoille. Myös laitetta koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset on määritelty asetuksessa (Työsuojeluhallinto, 2008.)

Koneasetus sitoo laitteen valmistajaa tai valmistajan valtuutettua maahantuoja tai jälleenmyyjää. Se velvoittaa varmistamaan ja takaamaan laitteen turvallisuuden. Valmistajan velvollisuuksiin kuuluu laitteen riskien arviointi, turvallisuusvaatimusten selvitys, käyttöohjeiden laadinta, teknisen tiedoston laadinta, vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laadinta sekä lopulta tuotteen CE-merkinnän kiinnitys (Työsuojeluhallinto, 2008.)

Kenties nopein tapa saada suunniteltu laite markkinoille on noudattaa alusta alkaen laitteeseen liittyviä standardeja. Standardeja noudattamalla voidaan olettaa, että laite täyttää turvallisuuteen liittyvät vaatimukset. Jos standardeista poiketaan on valmistajan osoitettava, että turvallisuusvaatimukset täyttyvät (Työsuojeluhallinto, 2008.)

3.2 CE-merkintä

CE-merkintä on Euroopan unionissa vaadittu useilta eri tuotteilta. Se on merkki siitä, että merkitty tuote vastaa Euroopan unionin lainsäädäntöä ja täyttää tietyt turvallisuuteen liittyvät kriteerit (SFS, 2010).

Laittamalla CE-merkinnän tuotteeseensa tuotteen valmistaja ottaa vastuun tuotteen toiminnasta ja turvallisuudesta (Asetus N:o 765/2008: 43).

Vaikka halkomakoneella on jo oma CE-merkintä, tarvitsee lisälaite omansa, sillä se muuttaa laitteen alkuperäistä käyttötarkoitusta. Lisälaitteeseen CE-merkintä täytyy laittaa ainakin tuotteen ohjekirjaan ja, mikäli mahdollista, myös itse lisälaitteeseen.

CE-merkinnän väärinkäytöstä on säädetty laki (187/2010), jonka perusteella merkintärikkomuksista voidaan tuomita joko sakkoihin tai muihin rangaistuksiin.

Projektissa suunnitelluille tuotteille on hankittava CE-merkintä jos tuotteita halutaan myydä. Tämän raportin kirjoittamisen aikaan ei ollut vielä varmaa tuleeko tuotteisiin mahdollisesti jonkinlaisia muutoksia tuotantoteknisistä tai muista syistä johtuen. Tästä johtuen CE-merkintään liittyvien dokumenttien teko ei ollut ajankohtaista raportin kirjoittamisen aikaan.

3.3 Hyödyllisyysmallisuoja eli ns. pikkupatentti

Projektia aloittaessa toimeksiantajan kanssa sovimme, että jos lopputuote on hyvä ja sille on potentiaalista kysyntää markkinoilla, sille haetaan hyödyllisyysmallisuoja. Hyödyllisyysmallisuoja on patentointia helpompi ja edullisempi keino saada keksinnölle suojaa.

Hyödyllisyysmallisuoja on mahdollista saada ensin neljäksi vuodeksi, minkä jälkeen se on mahdollista uusida vielä neljäksi ja sen jälkeen vielä kahdeksi vuodeksi. Näin mallisuoja voi olla voimassa enimmillään kymmenen vuotta hakemuksen tekopäivästä.

Jos myöhemmin selviää, että mallisuoja loukkaa jotain toista patenttia tai mallisuoja tai ei täytä mallisuojan vaatimuksia, voidaan mallisuoja mitätöidä (Patentti- ja rekisterihallitus, 2012).

4 Koneensuunnittelu

4.1 Luova suunnittelu

Suunnitteluun tarkoitettuja metodeja on useita. Kirjassaan *Luova koneensuunnittelu*, Jorma Tuomaala käy läpi luovaa suunnitteluprosessia. Luovassa suunnittelussa suunnittelu perustuu ihmisen alitajunnan oivallukseen, heureka-ilmiöön. Heureka-ilmiö on hetki jolloin ihmisen mieleen tulee ratkaisu johonkin ongelmaan jota hän on saattanut pohtia hyvinkin pitkään. Heureka-ilmiö saattaa tapahtua milloin tahansa ja missä tahansa. Isossa osassa luovaa suunnittelua on myös ihmisen unet. Unissa ihminen saattaa nähdä ratkaisun johonkin ongelmaan jota on pidempään jo yrittänyt ratkaista. Ihmisen alitajunnassa on valtava tietovarasto, mutta siihen on Tuomaalan mukaan vaikeaa päästä käsiksi (Tuomaala, 1995.)

Osana oivalluksen syntymistä on oleellista luoda mieleen jännitteitä, tietty tavoite ja päämäärä johon alitajunta pyrkii pääsemään. Jännitteitä luodaan tietoisesti jotta ihminen yhdistelisi alitajunnassa olevia tiedosta muodostuvia palasia ja saisi ratkaisun ongelmaansa oivalluksen muodossa. Mitä enemmän ihmisellä on tietoa ja kokemusta, sitä helpommin alitajunta pystyy tekemään oivalluksia. Sen takia suunnittelijauransa alkupuolella olevan henkilön onkin oleellista hankkia mahdollisimman paljon tietoa ennen ongelman ratkaisuun ryhtymistä. Luovassa suunnittelutyössä taustatyön teko korostuu erityisesti suunnittelun alkuvaiheissa, mutta jatkuu koko suunnittelun ajan (Tuomaala, 1995.)

4.2 VDI 2222, systemaattinen suunnitteluprosessi

Saksalaiset kehittivät systemaattisen suunnitteluprosessin nimeltään VDI 2222. Suunnitteluprosessissa käydään systemaattisesti läpi suunnitteluprosessi ja sen kaikki vaiheet. Prosessi kehitettiin tekemään suunnittelusta tehokasta. Prosessi on jaettu neljään osaan, tehtävänasettelun selvittelyyn, luonnosteluun, kehittelyyn ja viimeistelyyn. Prosessissa on mahdollista palata aina edelliseen vaiheeseen jos tyydyttävää ratkaisua ei synny välivaiheessa (Gerhard & Wolfgang, 1992.)

4.2.1 Tehtävään perehtyminen ja tehtävänasettelu

Suunnittelun alussa määritetään tehtävän reunaehdot, hankitaan tietoa ja perehdytään yleisesti annettuun tehtävään. Tehtävänasettelun yhteydessä laaditaan vaatimuslista. Vaatimuslistassa vaatimukset luokitellaan kolmeen luokkaan. Kiinteät vaatimukset (KV) ovat sellaisia jotka on täytyttävä kaikissa tilanteissa, vähimmäisvaatimukset (VV) ovat sellaisia joiden on täytyttävä tietyissä määrin ja niiden ylittäminen on toivottua, mutta ei vaadittua. Näiden lisäksi toimeksiantajan toivomukset otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan (Tuomaala, 1995.)

Hyvin tehty vaatimuslista on perusta myöhemmin suoritettavalle arvostelulle ja päätöksenteolle. Systemaattinen suunnitteluprosessi nojaa hyvin vahvasti vaatimuslistaan. Listaan pyritään keräämään kaikki asiat, jotka suunnitteluprosessin aikana tulisi tehdä ja sen avulla pyritään ohjaamaan suunnittelua siten että saatu tulos mukautuisi asetettuihin tavoitteisiin (Tuomaala, 1995.)

4.2.2 Luonnostelu- ja kehittelyvaihe

Luonnosteluvaiheessa suunniteltavan tuotteen tärkeimmät toiminnot selvitetään ja mahdolliset ongelmakohdat selvitetään. Tämän jälkeen suunniteltavan tuotteen osatoiminnoille haetaan parhaimmat ratkaisut. Luonnosteluvaiheessa kehitetään useampia erilaisia ratkaisuja. Luonnosteluvaiheen lopulla näistä eri vaihtoehtoista valitaan parhaimmat joita lähdetään viemään eteenpäin ja kehittämään pidemmälle (Gerhard & Wolfgang, 1992.)

Kehittelyvaiheessa on luonnosteluvaiheen pohjilta useampia vaihtoehtoja lopulliseksi ratkaisuksi. Kehittelyvaiheessa näitä vaihtoehtoja tarkastellaan ja suunnitelmia hiotaan pidemmälle, eli niistä pyritään poistamaan kaikki mahdolliset ongelmat. Kehittelyvaiheessa olemassa olevat suunnitelmat voivat vielä kokea muutoksia vaatimusten ja toiveiden pohjalta. Lopulta jokin ratkaisusta valitaan ja sen kehittämiseen keskitytään. Kehittelyvaiheen lopulla tuotteesta pitäisi olla olemassa jo mallit, kokoonpano- ja valmistusohjeet sekä osaluettelo (Gerhard & Wolfgang, 1992.)

4.2.3 Viimeistelyvaihe

Viimeistelyvaiheessa tuotteeseen ei tehdä enää suurempia muutoksia. On mahdollista, että esimerkiksi tuotteen pinnanlaatua tai joitain pieniä rakenteellisia muotoja voidaan vielä tässä vaiheessa muuttaa. Viimeistelyvaiheessa tehdään tuotteelle loputkin dokumentit ja lasketaan tuotteen kustannuksia (Gerhard & Wolfgang, 1992.)

5 Lisälaitteen suunnittelu, mallintaminen ja rakenneanalyysit

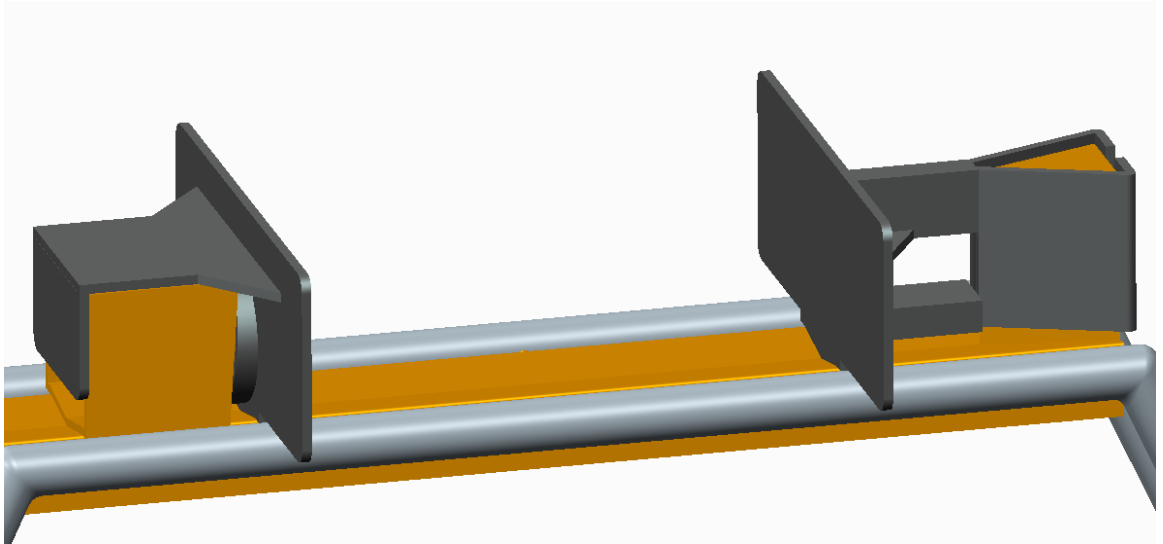
5.1 Suunnittelu

Suunnittelu oli alusta lähtien isoimmassa osassa ja veikin selvästi suurimman osan projektiin käytetystä ajasta. Suunnittelun lähtökohtana oli saada aikaan mahdollisimman yksinkertainen ja helposti valmistettava tuote. Tuotteen oli myös oltava mahdollisimman vaivattomasti asennettavissa halkomakoneeseen ja otettavissa pois, jotta halkomakonetta voitaisiin helposti käyttää alkuperäiseen tarkoitukseensa. Tästä sain idean suunnitella tuotteet, jotka olisi mahdollista nostaa paikoilleen eikä tuotteissa olisi ainuttakaan liikkuvaa osaa. Tuotteisiin vaadittavat palat olisi mahdollista leikata teräslevystä ja koota hitsaamalla. Toimeksiantaja antoi vahvistuksensa sille, että osien leikkaamiseen voidaan käyttää laserleikkuria. Tämä mahdollisti sen, että esimerkiksi puristavan liikkeen tekevä tuote, tässä työssä nimellä painin, koostuu vain neljästä palasesta.

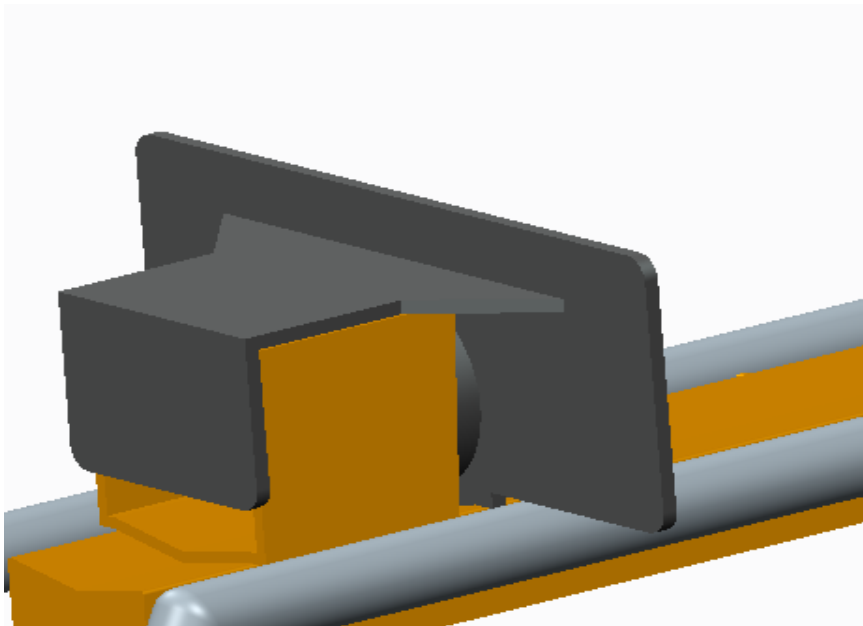
Puristimeen asennettavat tuotteet on suunniteltu siten, että vaikka laitteiston ajaa maksimipituudelle, jää puristavien pintojen väliin viisi millimetriä. Tällä tavalla vältetään se, että laitteisto ei riko itseään.

5.2 Mallintaminen

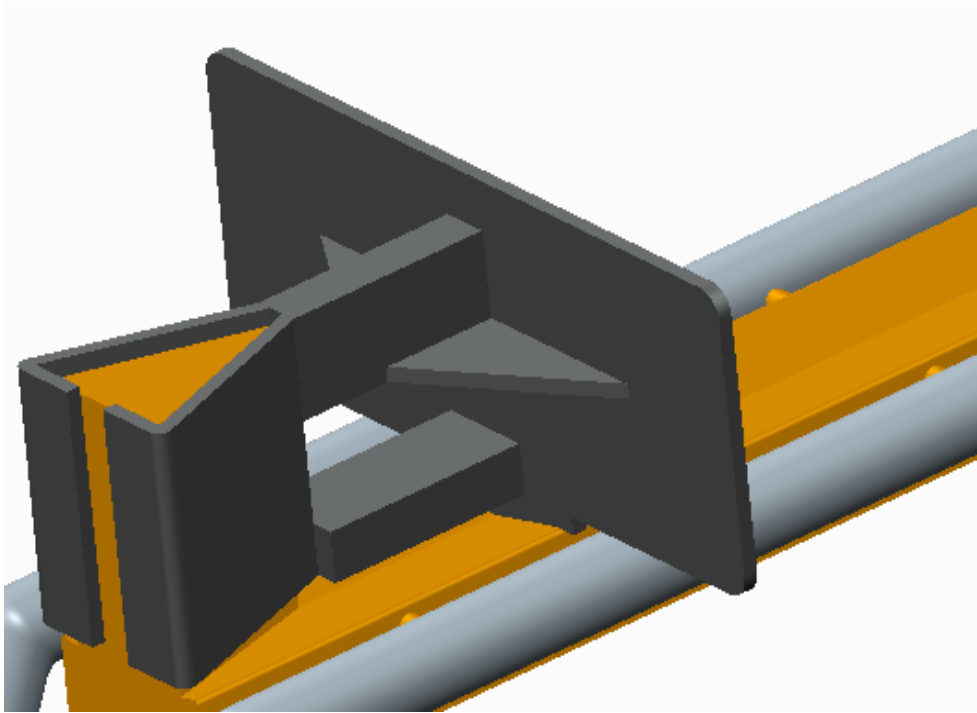
Mallintamiseen käytettiin Creo Parametric -3D-mallinnusohjelmaa. Seuraavissa kuvissa on nähtävissä koko laitteisto asennettuna halkomakoneeseen (kuva 3.), puristavan liikkeen tekevä tuote, painin, asennettuna halkomakoneen männän päälle (kuva 4.) ja paikoillaan pysyvä, puristuksen vastaanottava tuote, painimen vastakappale, asennettuna terän päälle (kuva 5.).



Kuva 3. Koko laitteisto asennettuna halkomakoneeseen.



Kuva 4. Painin mallinnettuna halkomakoneen männän päälle.



Kuva 5. Painimen vastakappale mallinnettuna terän päälle.

5.3 Rakenneanalyysit

Mallintamiseen käytetyn Creo Parametricin yksi parhaimpia puolia on mielestäni se, että ohjelmasta löytyvät vakiona työkalut FEM-analyyseja varten. Kun tuotteet oli mallinnettu, oli mahdollista avata analyysipuoli ja tehdä tuotteille rakenteellisia analyyseja. Tuotteille asetettiin materiaalitiedot, kiinnityskohdat ja tulevat voimat.

Halkomakone, jolle tuotteet on suunniteltu, pystyy antamaan suurimmillaan neljän tonnin (noin 40000 Newtonia) puristusvoiman. Kaikki analyysit on ajettu tuolla suurimmalla kuormalla, vaikka tölkkien ja purkkien, erityisesti muovisten, kasaan puristaminen ei tule vaatimaan noin korkeaa puristusvoimaa. Tekemällä analyysit suoraan suurimmalla voimalla saatiin hyvä varmuus siitä, mitä tuotteet kestävät.

Analyyseissa voima on jaettu 100 millimetriä kertaa 100 millimetriä kokoiselle alueelle, joka on sijoitettu puristavien pintojen keskelle leveyssuunnassa ja alkamaan alareunasta pystysuunnassa. Tämä johtuu siitä, että isoimpia peltipurkkeja puristaessa voima jakaantuu tuolle alueelle. Voimaa ei nähty

tarpeelliseksi jakaa puristavien pintojen reunoille, sillä sinne kohdistuu voimaa ainoastaan muovipulloja puristaessa, jolloin voimat ovat niin pieniä, etteivät ne vaikuta 6 millimetrin teräslevyyn, josta puristava pinta on valmistettu.

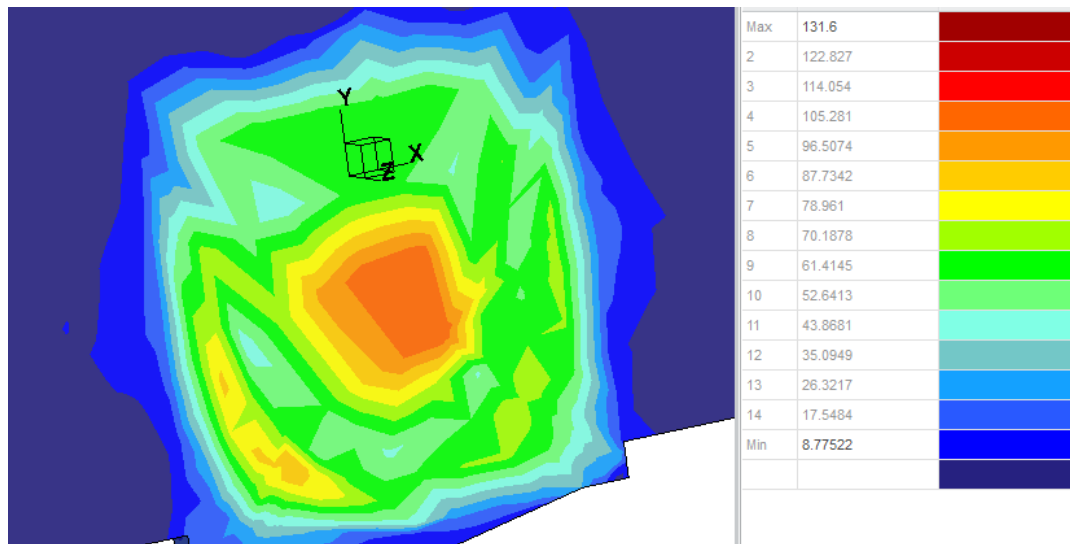
Seuraavissa kuvissa on nähtävissä tehtyjen rakenneanalyysien tulokset, tuotteisiin kohdistuvat voimat ja rakenteiden siirtymät. Voimat ovat megapascalina (MPa) ja siirtymät millimetreinä (mm).

5.3.1 Kuormitukset

Kuormitustestit ajettiin samalla ohjelmalla, jolla suunnitellut kappaleet oli mallinnettu eli Creo Parametricillä. Testeissä voima asetettiin puristavien pintojen keskelle leveyssuunnassa ja alkamaan alapinnasta korkeussuunnassa. Tähän sijoitteluun päädyttiin sen takia, että tuolle alalle kohdistuu suurin voima, kun laitetta käytetään sen pääasiallisen kohteen eli peltipurkkien kasaan puristamiseen. Puristavien pintojen reunoille kohdistuu voimia ainoastaan silloin, kun laitteella puristetaan muovipulloja. Tuolloin käytetyt voimat ovat niin pieniä, etteivät rasitukset kasva liian suuriksi.

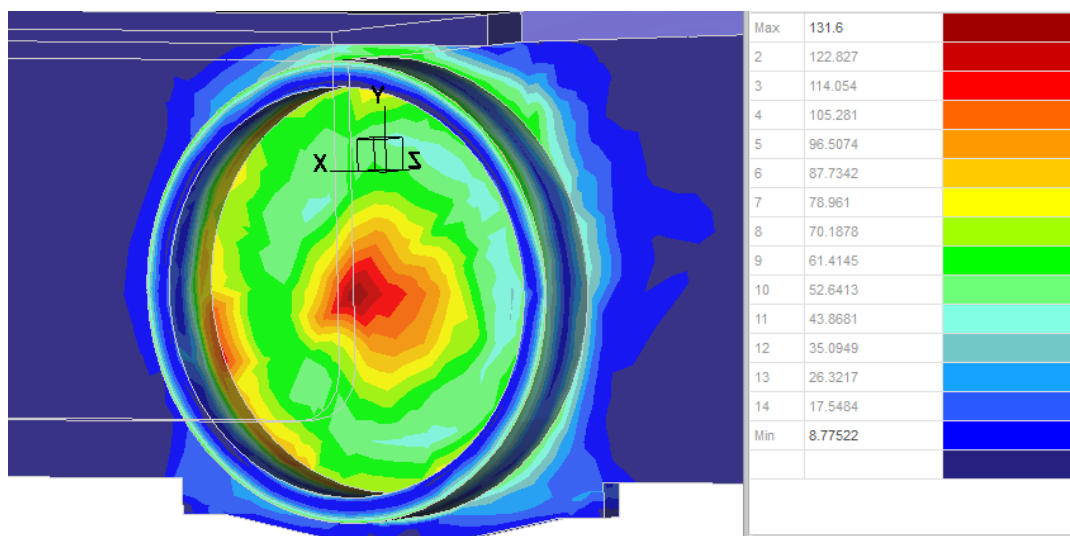
Kaikissa testeissä käytettiin halkomakoneen suurinta mahdollista puristusvoimaa eli neljää tonnia (noin 40000 newtonia). Testeissä kappaleet tuettiin niin kuin ne asennettaessa laitteeseen tukeutuisivat. Seuraavissa kuvankaappauksissa on nähtävissä, millä tapaa rasitukset esiintyvät kappaleissa. Kuvien oikeassa reunassa on nähtävissä asteikko eri rasituksen asteista kuvattuna väreillä.

Yleisesti ottaen rasitukset olivat läpi kappaleiden maltillisia, ja suurimmat rasitukset esiintyivät lähinnä pistemäisinä kohtina puristavien pintojen takapuolella puristavan pinnan ja siihen liitettyjen tukien välillä.



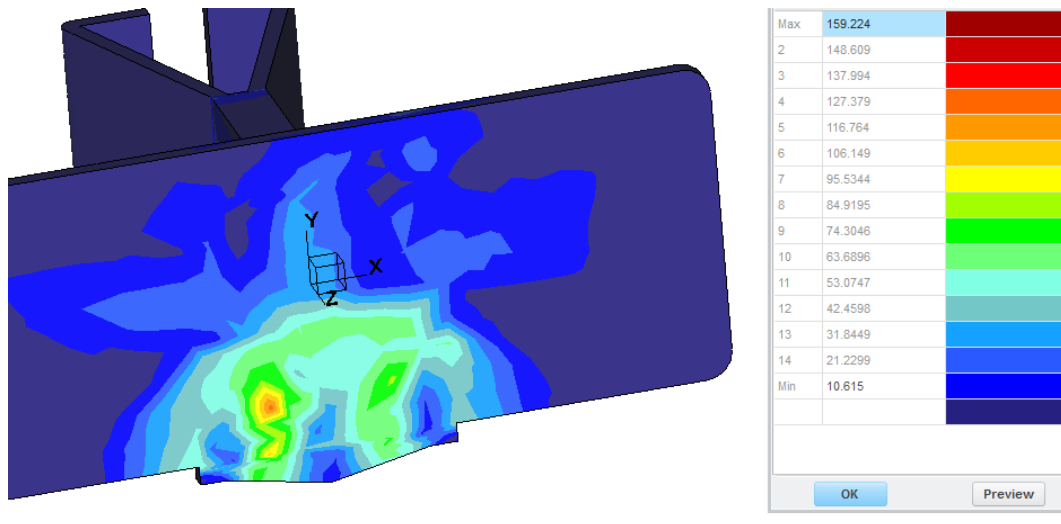
Kuva 6. Painimen rasiutukset edestä.

Kuten kuvasta 6 on nähtävissä, painimen etupuolella ei suurempia rasiutuksia esiinny muualla kuin aivan keskellä, jossa ei ole tuentaa. Puristuksessa pinta taipuu, jolloin kuvassa 6 nähtävä pinta painuu kasaan ja kuvassa 7 nähtävä pinta venyy.



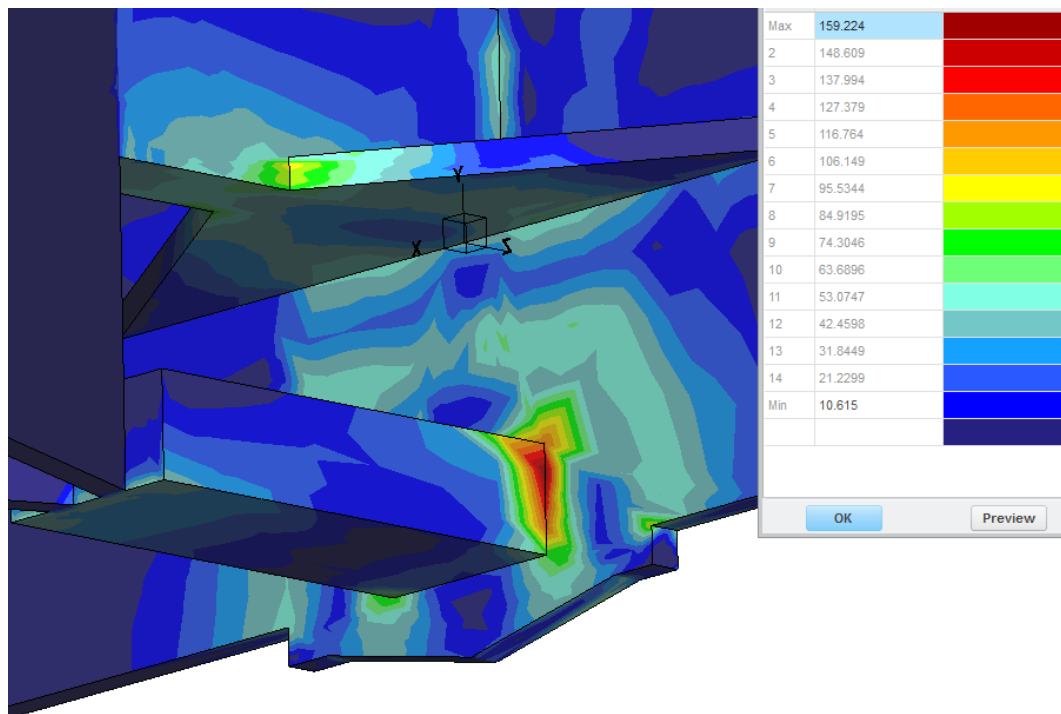
Kuva 7. Painimen rasiutukset takaa.

Kuten kuvasta 7 nähdään, suurin rasiutus on aivan keskellä tukematonta pintaa voiman vastapuolella ja rengasmaisen tukipinnan ja puristavan pinnan saumakohtassa. Saumakohta on 90 asteen kulmassa, joten siihen kohdistuu puristuksessa odotusten mukaisesti leikkausta.



Kuva 8. Painimen vastakappaleen rasitukset edestä.

Kuvasta 8 on nähtävissä painimen vastakappaleen rasitukset puristavan pinnan etupuolella. Rasitukset ovat hyvinkin maltilliset, ainoana poikkeuksena yksi pistemäinen rasitus, joka vaikuttaa vahvasti myös kappaleen takapuolella.



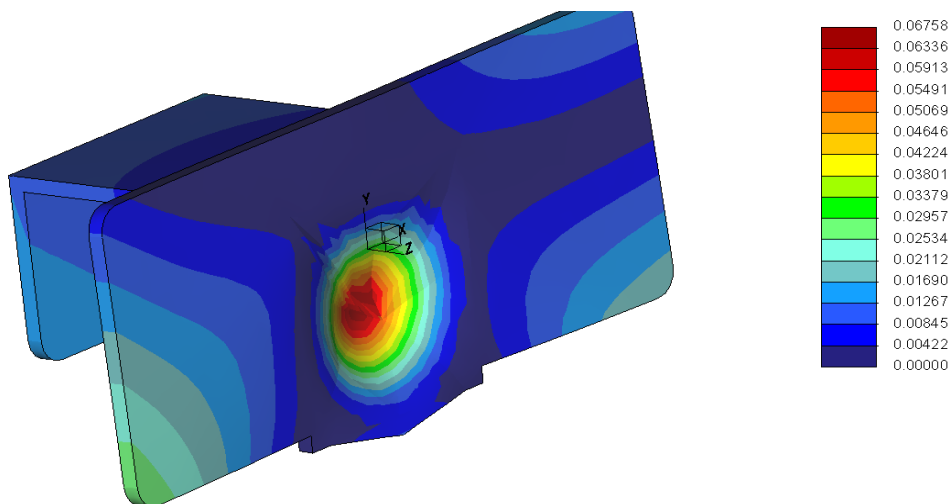
Kuva 9. Painimen vastakappaleen rasitukset takaa.

Kuten jo aiemmin mainitsin ja kuvasta 9 on nähtävissä, yksittäinen pienelle alueelle kohdistunut kova kuormitus vaikuttaa kappaleeseen. Se sijaitsee

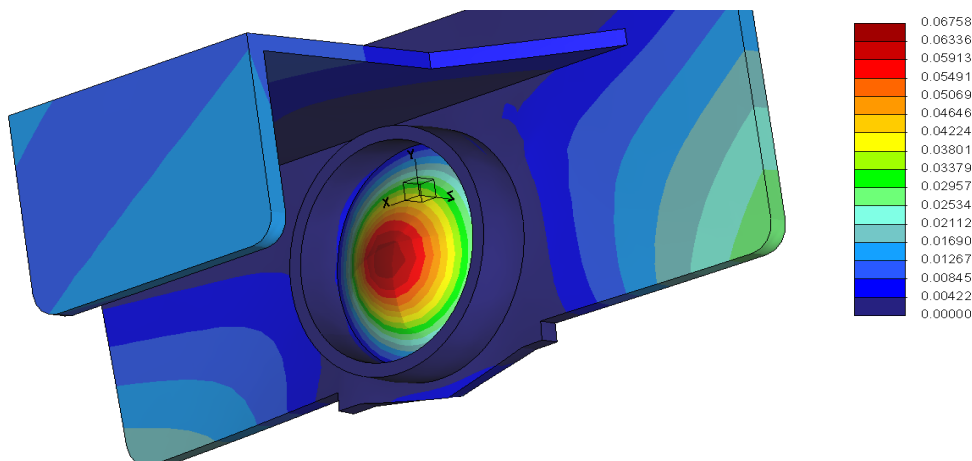
alempaan tukipalkin sivun ja puristavan pinnan saumakohdassa. Kyseinen kohta oli jo aiemmassa versiossa selvästi ongelmallinen, minkä vuoksi alempi tukipalkki on käännetty poikittain, kun se aiemmin oli yläpalkin kanssa samansuuntaisesti pystyasennossa. Kääntämällä alapalkin tuohon kohtaan kohdistunut kuormitus on saatu lasketuksi kelvolliselle tasolle.

5.3.2 Siirtymät

Painimeen ja sen vastakappaleeseen tulevien kuormitusten lisäksi oli tärkeää tarkastaa myös niihin tulevat siirtymät, jotta nähtäisiin, minkä verran rakenteet taipuvat rasituksen alla. Oletusarvo ennen testaamista oli se, että rakenteet eivät taivu kovinkaan paljoa, koska suurin osa rasituksesta tulee suoraan tuetuille alueille.

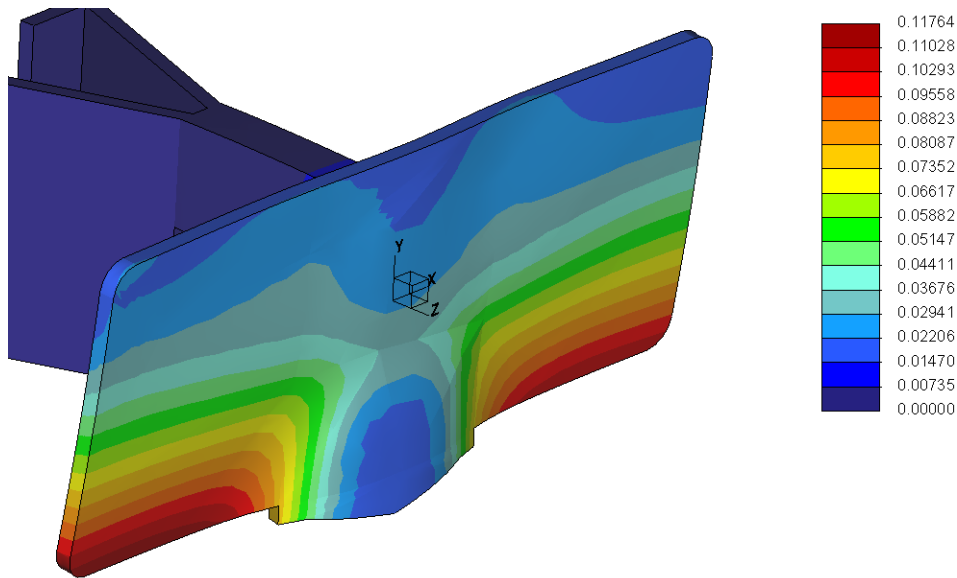


Kuva 10. Painimen siirtymät edestä.



Kuva 11. Painimen siirtymät takaa.

Oletus oli, että painin olisi kahdesta suunnittelemastani tuotteesta se, joka kestää rasitukset paremmin ja sen myötä myös deformatuu vähemmän puristuksessa. Tämä perustui siihen, että voima jakaantuu tasaisemmin ja isommalle alueelle johtuen rengasmaisen tukipalan tarjoamasta tuesta laajemmalle alueelle. Kuvista 10 ja 11 on nähtävissä, että painin deformatuu noin 0,06 millimetriä suurimmalla voimalla eli erittäin vähän. Suurin deformatuminen tapahtuu tuettoman alueen keskellä.



Kuva 12. Painimen vastakappaleen siirtymät.

Kuvassa 12 on nähtävissä terän päälle tulevan painimen vastakappaleen siirtymät suurimman rasituksen alla. Oli odotettavissa, että tämä kappale deformatuu enemmän, sillä kappaleen tuenta puristavan pinnan takana on pienemmällä, kapeammalla pinta-alalla. Kuvasta 12 on nähtävissä, että suurinta deformatuminen on aivan puristavan levyn alakulmissa, mutta sielläkin se on vain noin 0,12 millimetriä, mikä on erittäin vähän eikä aiheuta ongelmia.

5.3.3 Materiaalivalinnat

Alkujaan oli tarkoitus selvittää olisiko tuote mahdollista valaa polyuretaanista, jotta laite olisi mahdollisimman kevyt ja muottien kanssa massavalmistus olisi helppoa. Lopulta päädyimme siihen, että tuote valmistettaisiin teräksestä. Tähän vaikutti se, että teräksestä rakentamalla tuotteen suunnitteluun tulee tiettyjä vapauksia kun ei tarvitse huomioida miten kappale tulisi ulos muotista. Myös rakenteiden paksuudet on mahdollista saada pienemmiksi ja koko kappale näin sirommaksi.

Teräkseen päätyminen jälkeen materiaalin oli tarkoitus olla s235-rakenneterästä, jonka myötöraja on 235MPa. Se olisikin ollut riittävä painimelle ($235\text{MPa} \cdot 0,6 = 141\text{MPa} > 131,6\text{MPa}$), mutta ei painimen vastakappaleelle ($235\text{MPa} \cdot 0,6 = 141\text{MPa} < 159,3\text{MPa}$). Painimen vastakappaleeseen päädyttiin valitsemaan s275 rakenneteräs, sillä se on rakenneteräksistä ensimmäinen, joka myötörajansa puolesta kestää tulevat rasitukset ($275\text{MPa} \cdot 0,6 = 165\text{MPa} > 159,3\text{MPa}$). Sama teräs valittiin myös painimeen, jotta materiaalivalinta olisi yhtenäinen, ei olisi vaaraa materiaalien sekaantumisesta valmistusvaiheessa eikä tarvitsisi hankkia useita eri teräksiä materiaaleiksi varastoon.

6 Prototyypit ja testiajot

6.1 Prototyypit

Projektin alusta alkaen oli selvillä, että suunnitelluista tuotteista valmistettaisiin prototyypit. Prototyyppien avulla olisi mahdollista nähdä, miten suunnitellut tuotteet toimisivat käytännössä ja olisi mahdollista saada myös palautetta tuotteiden valmistettavuudesta. Yhdessä näiden tietojen kanssa olisi mahdollista tehdä suunnitelmiin vielä muutoksia, ennen kuin suunniteltujen tuotteiden massavalmistusta alettaisiin selvittää.

Kuvassa 13 on nähtävissä valmiit prototyypit asennettuna halkomakoneeseen, kuva 14 näyttää terän päälle asettuvan painimen vastakappaleen lähempää ja

kuva 15 näyttää painimen lähempää. Prototyyppien valmistuksesta vastasi polvijärveläinen Hitsaustyö Jouko Mutanen Ay.



Kuva 13. Valmiit prototyytit asennettuna halkomakoneeseen.



Kuva 14. Painimen vastakappale asennettuna.



Kuva 15. Painin asennettuna halkomakoneen männän päälle.

Prototyypit olivat onnistuneet hyvin, ainoa ongelma oli painimen putken mallinen tuki. Suunnitelmissa kyseinen putki on pinnaltaan vino, koska halkomakoneen männän pinta on myöskin vino. Tekemälle putkesta vinon saadaan aikaan se, että painimen puristava pinta on kohtisuorassa. Prototyypissä putki oli jätetty suoraksi joten puristava pinta oli vinossa, yläreuna alareunaa ulompana. Tämä ei ollut kriittistä eikä vaikuttanut tuotteen toimivuuteen. Se aiheutti ainoastaan sen, että puristetut purkit jäivät alareunastaan hieman paksummiksi mitä yläreunasta.

6.2 Testiajot

Prototyyppien valmistuttua laitteistolla ajettiin testiajoja, jotta nähtäisiin, miten tuotteet käyttäytyisivät puristuksen alaisuudessa ja tulisiko mahdollisesti ilmi joitakin asioita, joiden takia tuotteita jouduttaisiin muuttamaan radikaalisti esimerkiksi paikallaan pysymisen suhteen.

Testiajoissa kasaan puristettiin pääasiassa peltipurkkeja mutta myös muutamia muovisia purkkeja ja pulloja. Testeissä laitteisto toimi moitteettomasti lukuun ottamatta sitä, että painimen prototyypissä suunnitelmiin merkitty vinoon leikattu putkenpala olikin jätetty suoraksi kuten jo prototyyppien yhteydessä mainitsin.

Testiajoissa perinteinen hernekeittopurkki, jonka halkaisija on 72mm ja korkeus 108mm, puristui korkeudeltaan keskimäärin 8–10 millimetriä paksuksi, eli tilavuuden muutos oli noin kymmenkertainen. Tonnikalapurkki, jonka halkaisija oli 84mm ja korkeus 38mm, puristui testiajoissa keskimäärin 5 millimetriä paksuksi.

Purkkien kokoonpuristuvuus oli odotetun mukainen. Johtuen painimen ja sen vastakappaleen väliin jätettävän turvavälin suunnittelusta purkit puristuvatkin korkeintaan 5mm paksuisiksi.

7 Taloudellinen vaikutus

Projektin alkutavoitteeksi oli asetettu se, että saataisiin aikaan tuote, jonka avulla kotitalouksien kierrätystä saataisiin helpotettua. Helpotuksen toisi se, että kotona ei tarvitsisi säilytellä paljon tilaa vieviä purkkeja ja pulloja, vaan ne voisi puristaa kasaan. Tällöin ne voisivat vähemmän tilaa ja niitä olisi mahdollista varastoida pidemmän aikaa ennen tyhjennystarvetta.

Taloudellinen säästö muodostuisi siitä, että joko talouden oma kierrätysastia tai omakotitaloalueen kierrätyspisteen astia voitaisiin tyhjentää huomattavasti pidemmällä aikavälillä. Tällöin esimerkiksi vuoden aikana astiaa ei tarvitsisi tyhjentää niin usein kuin tällä hetkellä, mikä johtaisi matalampiin tyhjennysmaksuihin.

Oman arvonsa tuotteelle tuo myös se, että nykyään kierrätys, uusiokäyttö ja muut vihreät arvot ovat yhä tärkeämmässä asemassa.

8 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella toimiva, yksinkertainen ja edullinen lisälaite vaakamalliseen halkomakoneeseen, jotta halkomakoneelle saataisiin uusi käyttötarkoitus kierrätyksen apulaitteena. Vaatimuksena oli saada aikaan laite, joka puristaisi kasaan erilaiset pelti- ja muovipurkit sekä muovipullot pienentäen niiden tilavuutta. Tämä puolestaan pidentäisi tarvittavaa tyhjennysväliä sekä keräysastialle että jokaisen kotoa löytyville, säilössä oleville purkeille, jotka odottavat kierrätyspisteelle vientiä.

Tilavuuden muutosten ollessa noinkin suuria, jopa kymmenkertaisia, tarkoittaisi se sitä, että tyhjennysvälit venyisivät huomattavasti pidemmiksi ja näin ollen säästö tyhjennysmaksuissa on myös huomattava.

Työ oli alusta alkaen painottunut pitkälti toimivan tuotteen suunnitteluun ja ajallisesti suurin osa ajasta menikin Creo Parametricin parissa tuotteita suunnitellessa. Toisinaan tuntuikin, että työ ei varsinaisesti edennyt, kun ainoa muuttuva tekijä oli 3D-mallit, mutta näin tässä vaiheessa katseltuna on selvää, että jokainen mallien muutosten tekemiseen käytetty hetki oli yhtä lailla projektin eteenpäin viemistä ja loppujen lopuksi johti työn ajallaan valmistumiseen.

Työn aikana saatiin suunnitelluksi toimiva tuote josta saatiin myös toimivat prototyypit aikaiseksi eikä tuotteen eteenpäin viemiselle ole nyt varsinaisesti esteitä. Tällä hetkellä valmistuskuvat ovat projektin toimeksiantajalla ja tarkoituksena on hakea tarjouksia eri pajoilta tuotteen valmistuksen kustannuksista. Tämän jälkeen tuotteelle olisi edessä CE-merkinnän hankkiminen, myyntipakkausten suunnittelu, markkinointi ja hinnoittelu.

Kaiken kaikkiaan projekti on ollut onnistunut. Työ antoi paljon arvokasta lisäkokemusta suunnittelutyöstä ja sen haasteista. Toimeksianto oli mieluista ja eriomainen päätös insinööriopinnoille.

Lähteet

Patentti- ja rekisterihallitus. 2012. Hyödyllisyysmalliopus. Helsinki.

SFS, 2010. SFS – käsikirja 133, Helsinki

Asetus N:o 765/2008. Euroopan unionin virallinen lehti. S.30-47. ISSN 1725-261X. 13.8.2008.

Kaurenne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2013. Hydrauliteknikka. Helsinki: Sanoma Pro OY

Tuomaala, J. 1995. Luova Koneensuunnittelu. Jyväskylä: Tammertekniikka Ky.

Työsuojeluhallinto. 2008. Koneturvallisuus. Tampere.

Gerhard, P. & Wolfgang, B. 1992. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Suomen metalli-, kone- ja sähköteknisen teollisuuden keskusliitto, MET.